Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 2, Summer. 2020, p. 213-224

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۲۲۴-۲۱۳

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت و تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط کم‌آبیاری در مشهد

کمال حاج محمدنیا قالی‌باف[1*]، محمد بنایان اول[2]، محمد حسن راشد محصل[2]، نیوشا ولایی[3]، فاطمه یعقوبی[4]، زهرا رشیدی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح آبیاری، تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه دارویی زیره سبز آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل سطوح آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، سه تاریخ کاشت در ماه‌های آذر، اسفند و فروردین به‌عنوان عامل فرعی و دو تراکم کاشت ۴۰ و ۸۰ بوته در مترمربع عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد آبیاری کامل زیره سبز در آذر ماه با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع دارای بیشترین تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و عملکرد دانه بود. در حالی‌که در شرایط مشابه با کاهش تراکم، وزن ۱۰۰ دانه و وزن تک بوته افزایش و کارایی مصرف آب کاهش یافت. تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در فروردین ماه با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع به‌ترتیب با کاهش ۵۳/۷۷ و ۵۲/۲۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به کاشت آن در آذر ماه با آبیاری کامل و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع، دارای کمترین مقدار بود. همچنین، سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در ماه‌های اسفند و فروردین با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب علی‌رغم کاهش ۱۲/۸۳، ۲۹/۲۴، ۲۱/۴۳ و ۳۵/۱۱ درصدی عملکرد دانه نسبت به کاشت در آذر ماه با آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و تراکم مشابه، دارای بیشترین کارایی مصرف آب بودند. بنابراین، با افزایش تراکم بوته در واحد سطح همراه با آبیاری متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) در کشت‌های دیر هنگام (اسفند و فروردین) می‌توان تا حدودی کاهش عملکرد دانه زیره سبز را با افزایش کارایی مصرف آب جبران نمود.

واژه‌های کلیدی: تعداد چتر در بوته، تنش خشکی، ظرفیت زراعی، عملکرد دانه، فاصله ردیف

مقدمه

زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) از خانواده چتریان[6] یکی مهمترین گیاهان دارویی اهلی و صادراتی ایران است (Kafi *et al.*, 2002) و طبق آمارنامه کشاورزی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ بیش از ۱۲ هزار و ۴۳۵ تن زیره در سطح زیرکشت ۲۰ هزار و ۷۲۵ هکتار در کشور تولید شده است (Anonymous, 2020). از آن‌جایی‌که این گیاه دارای سطوح پایینی از فاکتورهای ضد تغذیه‌ای[7] مانند تانن، اگزالیک اسید و فیتات است، بنابراین می‌تواند داوطلب[8] بسیار مناسبی به‌عنوان ماده مغذی زیستی[9] باشد (Roustakhiz and Raissi, 2017). دوره رشد کوتاه، نیاز آبی کم و ارزش اقتصادی بالای زیره سبز سبب شده است تا زراعت این گیاه در اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور دارای توجیه اقتصادی باشد (Kafi *et al.*, 2002; Kamkar *et al.*, 2011; Rezvani Moghaddam *et al.*, 2007) که اغلب در این مناطق از مرحله گلدهی تا دانه‌بندی تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد (Bahraminejad *et al.*, 2011). به‌علاوه، فاکتورهای زراعی از قبیل تاریخ کشت، تراکم، آبیاری، کود نیتروژن، کنترل علف‌های هرز، زمان برداشت و شرایط اقلیمی مختلف نیز می‌تواند کیفیت و کمیت این گیاه را تحت تاثیر قرار دهد (Chandhary and Gupta, 1982; Jangir and Singh, 1996; Ehteramian, 2003).

تنش خشکی معمولاً به‌عنوان شایع‌ترین تنش غیر زنده شناخته می‌شود و خسارات سنگینی را به محصولات عمده کشاورزی وارد می‌کند (Askar *et al.*, 2010). اثر تنش خشکی به میزان و طول

۱- استادیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hajmohamadnia@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v18i2.83813

6- Apiaceae
7- Anti-nutritional factors
8- Candidate
9- Bio-nutrient

دوره آن، مرحله رشدی گیاه، ظرفیت ژنوتیپی گونه‌ها و بر همکنش عوامل محیطی بستگی دارد (Leung and Griaudat, 1998). همچنین، بروز تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد گیاه، به‌ویژه در مرحله زایشی به علت کاهش طول دوره فتوسنتز، متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی، انتقال مواد به دانه و کاهش وزن دانه، موجب کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Farrokhinia *et al.*, 2011).

تاریخ کاشت مناسب برای هر گیاه یکی از مهمترین عوامل موثر در مدیریت رشد و نمو و دوره بحرانی عملکرد و اجزای عملکرد محصول است (Khajehpour, 2008). بنابراین، با توجه به اهمیت نقش عوامل اقلیمی بر رشد گیاه زراعی، تغییر تاریخ کاشت به علت تغییر در پارامترهای آب و هوایی بسته به نوع گیاه زراعی می‌تواند منجر به افزایش یا کاهش عملکرد محصول گردد (He *et al.*, 2018). بررسی‌ها نشان می‌دهد در کشت زود هنگام گیاهان تیره چتریان، تعداد شاخه‌های جانبی و در کشت دیرهنگام تعداد شاخه‌های جانبی و حجم ریشه کاهش می‌یابد (Aslam, 2006; Ayub *et al.*, 2008; Khosh-Khui and Bonyanpour, 2006). از سویی دیگر، تأخیر در تاریخ کاشت (از ماه‌های آبان، آذر، دی تا اواخر اسفند) می‌تواند سبب کاهش معنی‌دار بر تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در هر چتر، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع زیره سبز شود (Rasam *et al.*, 2007). از این‌رو، کاشت بهاره زیره سبز به دلیل حساسیت مراحل فنولوژی گیاه به گرما عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (Rahimian Mashhadi, 1992). کاهش عملکرد به علت تاریخ کاشت و تراکم نامطلوب در بسیاری از گیاهان زراعی گزارش شده است (Mashayekhi Sardooyi *et al.*, 2011; Sadeghi *et al.*, 2009; Rasam *et al.*, 2007).

تراکم بوته در واحد سطح تأثیر زیادی بر رشد و نمو و عملکرد دانه گیاهان دارد (Momoh and Zhou, 2001). به‌علاوه، یکی از مکانیزم‌های رقابت گیاهان زراعی نسبت به علف‌های هرز، افزایش تراکم گیاهی در واحد سطح است. به طوری که، کاشت زود هنگام و تراکم بیشتر زیره سبز بر عملکرد و اجزای عملکرد آن در شرایط تنش خشکی می‌تواند میزان عملکرد دانه را بیشتر کند (Sadeghi *et al.*, 2009; Yadav and Dahama, 2003). از سویی دیگر، تغییر در تاریخ کاشت و تراکم گیاه می‌تواند سبب کاهش یا افزایش رشد رویشی و زایشی، عملکرد بذر و در نهایت عملکرد بیولوژیک آن گیاه گردد (Mashayekhi Sardooyi *et al.*, 2011). تغییر تاریخ کاشت، تراکم گیاه و همچنین میزان دسترسی گیاه به آب مورد نیاز در طول فصل رشد می‌تواند رشد رویشی و زایشی گیاه و طول دوره رویش آن را تحت تأثیر قرار دهد. کارایی مصرف آب (WUE[1]) (کیلوگرم محصول تولید شده به متر مکعب آب تعرق شده) به معنای مقدار محصول به حجم آب مصرفی می‌باشد که به عملکرد گیاه، تعرق گیاهی، تبخیر، تبخیر و تعرق و حتی میزان آب آبیاری نسبت داده شده است (Seckler *et al.*, 2002).

تولید زیره سبز در شرایط دیم نشان‌دهنده مقاومت و سازگاری نسبی این گیاه به تنش خشکی است (Kafi *et al.*, 2002). محققین بیان کردند که عملکرد زیره سبز در سال‌های پر باران با تیمارهای آبیاری در شرایط دیم برابر بوده و این گیاه به مقادیر کم آبیاری پاسخ مثبت داده است (Kafi *et al.*, 2006). همچنین، تغییر در شکل برگ، کوچکی برگ‌ها و رنگ سطح پوشش گیاه نشان‌دهنده سازگاری زیره سبز با شرایط تنش خشکی می‌باشد (Kizil *et al.*, 2003).

همچنین، با افزایش تنش خشکی تعداد چتر در بوته (Kafi and Keshmiri, 2011)، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و دانه و اسانس نیز در این گیاه کاهش می‌یابد (Yazdani Chamheidary *et al.*, 2014). با توجه به اهمیت تاثیر دما به‌ویژه یخبندان زمستانه و همچنین دمای بالا در بهار و تابستان بر جوانه‌زنی و رشد زیره سبز و نیز امکان کشت این گیاه در اقلیم‌هایی با بارندگی کم به‌صورت دیم، دما می‌تواند بر عملکرد این گیاه دارویی مهم تاثیر به‌سزایی داشته باشد. از این‌رو، هدف از این تحقیق بر آن است تا با برآورد تبخیر و تعرق و کارایی مصرف آب زیره سبز تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، تراکم بوته در واحد سطح و تاریخ‌های کشت بهترین مدیریت کشت جهت دستیابی به عملکرد مطلوب این گیاه در شرایط مشهد تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تنش کم آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی[2])، تاریخ کاشت به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح (آذر (۹۶/۹/۲۲)، اسفند (۹۶/۱۲/۲۴) و فروردین (۹۷/۱/۲۲) ماه) و عامل فرعی فرعی تراکم در دو سطح (۴۰ و ۸۰ بوته در متر مربع) در نظر گرفته شد. همچنین، زمان برداشت نیز به‌ترتیب در تاریخ‌های ۹۷/۳/۱۷، ۹۷/۴/۱ و ۹۷/۴/۷ انجام گردید. داده‌های مربوط به میانگین دما و میزان بارندگی در طی فصل رشد زیره سبز در جدول ۱ آورده شده است. قبل از انجام آزمایش به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری گردید (جدول ۲). نیاز کودی گیاه نیز بر اساس آزمون خاک صورت

1- Water Use Efficiency

2- Field Capacity (FC)

گرفت. قبل از کشت، ۱۵ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل، ۲۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و ۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به زمین داده شد.

جدول ۱- میانگین دما و بارندگی ماهانه در منطقه مورد مطالعه در طی فصل رشد زیره سبز (۱۳۹۷-۱۳۹۶)

Table 1- Mean of monthly temperature (°C) and rainfall (mm) at site of experiment during the growing season of cumin (2017-2018)

ماه Month	میانگین دما Mean of temperature (°C)		بارندگی Rainfall (mm)
	دمای کمینه Tmin	دمای بیشینه Tmax	
12-31 December (آذر)	0.11	14.16	0.021
January (دی)	-1.34	11.30	0.047
February (بهمن)	1.83	13.82	1.306
March (اسفند)	9.01	20.54	1.441
April (فروردین)	8.86	19.91	1.129
May (اردیبهشت)	13.72	27.44	1.865
June (خرداد)	19.82	34.18	0.070

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت زیره سبز (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 2- Physicochemical properties of the experimental soil before cumin planting (0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC ($mS.cm^{-1}$)	اسیدیته pH	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	کربن آلی Organic carbon (%)	ماده آلی Organic matter (%)
سیلتی-رسی-لومی Silty-clay-loam	0.45	7.82	0.076	83.8	365	0.97	1.68

به‌منظور آماده‌سازی زمین برای عملیات کاشت از تراکتور مجهز به تسطیح لیزری استفاده گردید. کاشت بذر زیره سبز بومی مشهد به‌صورت خطی و با دست و در عمق ۱/۵ تا ۲ سانتی‌متر در کرت‌هایی به ابعاد ۵×۳ متر مربع، با فاصله ردیف‌های کاشت ۲۵ و فواصل بذور پنج سانتی‌متر برای تراکم ۸۰ بوته در متر مربع و فاصله ردیف‌های کاشت ۳۰ سانتی‌متر با فواصل بذر ۸/۳ سانتی‌متر از یکدیگر برای تراکم ۴۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. یک روز قبل از هر آبیاری میزان رطوبت خاک در تیمار بدون تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) با استفاده از دستگاه TDR[1] جهت تعیین میزان کاهش آب خاک اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از معادله ۱ حجم آبیاری مورد نیاز برای جبران این کاهش تا ظرفیت زراعی در تیمار بدون تنش تعیین گردید (Alizadeh, 1995).

$$Vw=\{(FC-\theta)(Bd\times D\times A)\} \quad (۱)$$

در این معادله، Vw حجم آب آبیاری، FC درصد وزنی ظرفیت زراعی، θ درصد وزنی رطوبت خاک، D عمق توسعه ریشه (متر)، Bd جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب) و A مساحت هر کرت (مترمربع) می‌باشد. جهت تعیین ظرفیت زراعی، کرتی به ابعاد ۲×۲ مترمربع در کنار زمین اصلی ایجاد شد و تمامی علف‌های هرز آن خارج گردید. سپس درون کرت آبیاری شد و تا عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر خاک اشباع شد. روی آن با استفاده از پلاستیک پوشیده شد تا از تبخیر از سطح خاک و نفوذ باران به خاک جلوگیری شود. با در نظر گرفتن زمان بعد از نفوذ آب به خاک به‌عنوان زمان صفر، تغییرات رطوبت خاک هر شش ساعت قرائت شد تا زمانی‌که در دو اندازه‌گیری متوالی مقدار رطوبت قرائت شده تقریباً برابر شد. مقدار میانگین این دو رطوبت به‌عنوان رطوبت در ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد.

برای هر نوبت آبیاری، پس از تعیین حجم آب آبیاری مورد نیاز برای تیمار آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با استفاده از معادله یک، ۷۵ و ۵۰ درصد آن به‌عنوان حجم آب مورد نیاز برای آبیاری تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد. آبیاری برای تمامی تیمارها با فاصله زمانی هر ۷ روز یکبار انجام شد.

تبخیر و تعرق گیاه (ET[2]) در هر تیمار با استفاده از موازنه آب خاک (معادله ۲) محاسبه شد (Andreu *et al.*, 1997).

$$ET= I+P \pm \Delta S-R-D \quad (۲)$$

در این معادله، I مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)، P بارندگی (میلی‌متر)، ΔS تغییر در محتوای آب خاک (میلی‌متر)، R رواناب (میلی‌متر) و D زه‌کش زیر ناحیه ریشه (میلی‌متر) می‌باشد. مقدار آب آبیاری با توجه به حجم آب مورد استفاده برای آبیاری هر کرت برآورد

1- Time domain reflectometry

2- Evapotranspiration

شد. ΔS از تفاوت بین میزان رطوبت خاک در زمان کاشت و پس از برداشت تعیین گردید. برای این منظور رطوبت خاک در سه نقطه از هر کرت توسط دستگاه TDR اندازه‌گیری شد. میزان آبیاری در کلیه تیمارها تحت کنترل بوده و آبیاری براساس ظرفیت زراعی انجام شد لذا میزان رواناب و زه‌کش صفر در نظر گرفته شد.

به‌منظور برآورد کارایی مصرف آب زیره سبز از معادله ۳ استفاده گردید (Stewart *et al.*, 1977).

$$WUE=(Y/ET) \quad (۳)$$

در این معادله، Y عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) و ET مقدار آب مصرفی (تبخیر و تعرق واقعی گیاه) (میلی‌متر) می‌باشد.

در انتهای فصل رشد، ۱۷ خرداد ماه برای تاریخ کاشت اول و ۳ و ۱۰ تیر ماه برای تاریخ کاشت‌های دوم و سوم، جهت ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ضمن رهاسازی خطوط حاشیه، چهار مترمربع از هر کرت برداشت گردید. سپس تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در هر چتر، وزن ۱۰۰ دانه، وزن تک بوته و عملکرد دانه گیاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار R و مقایسه میانگین تیمارها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سطوح آبیاری، تاریخ کاشت و تراکم گیاه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب زیره سبز به‌جز صفت وزن تک بوته و همچنین اثر متقابل آبیاری و تراکم بر صفات تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و تاریخ کاشت آذر ماه دارای بیشترین تعداد چتر در بوته (۲۷/۵۵) و تعداد دانه در هر چتر (۲۲/۳۴) بود، در حالی‌که آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در فروردین ماه به‌ترتیب کاهش ۸۴/۱۸ و ۸۰/۵۸ درصدی را در این صفات نشان داد (جدول ۴). محققین بیان کردند کاهش آب مورد نیاز گیاه تا ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در شرایط رشد زایشی به‌ویژه پس از گلدهی می‌تواند از تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن ۱۰۰۰ دانه در اکوتیپ‌های زیره سبز به‌ترتیب ۳۳/۳۴، ۲۲/۴۶ و ۳/۷۸ درصد بکاهد (Safari *et al.*, 2017; Kafi and Keshmiri, 2011). نتایج حاکی از آن است که در شرایط تنش آبی تعداد چتر در بوته زیره سبز ۳۶ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت که این امر نیز سبب کاهش تعداد دانه در چتر گردید. با افزایش تراکم بوته در متر مربع نیز از تعداد چتر در گیاه تا حدود ۶۶ درصد کاسته شد. با این وجود تعداد چتر در متر مربع در تراکم‌های بالاتر (۲۰۰ بوته در متر مربع) تقریباً ۲/۷۱ برابر تعداد چتر در متر مربع در تراکم‌های کمتر (۲۵ بوته در متر مربع) بود. این در حالی است که افزایش تراکم تاثیر چندانی در کاهش تعداد دانه در چتر نداشت (Nakhzari Moghaddam, 2010). طاووسی (Tavoosi, 2001) اظهار داشت که زیره سبز قادر به جذب آب حتی در پتانسیل‌های بسیار کم آب نیز می‌باشد. همچنین، اثر دور آبیاری (۴، ۵ و ۶ مرتبه) تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد زیره سبز داشت. به‌طوری‌که ۵ مرتبه آبیاری بیشترین عملکرد را نشان داد، اما آبیاری بیشتر تاثیر به‌سزایی نداشت. در حالی‌که وزن هزار دانه با افزایش دفعات آبیاری کاهش یافت (Jangir and Singh, 1996). محققین در بررسی اثر رژیم آبیاری بر زیره سبز گزارش کردند که تیمار آبیاری کامل دارای کمترین شاخص برداشت و بیشترین زیست توده کل در بین سایر تیمارها بود (Alizadeh *et al.*, 2004). همچنین، بررسی مقایسه میانگین اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب نشان داد، تاریخ کاشت آذر ماه در هر سه شرایط آبیاری بیشترین میزان اجزایی عملکرد را به خود اختصاص داده و در مقابل کارایی مصرف آب در این تیمارها کاهش یافته است. به طوری که کاهش بارندگی در دی ماه و افزایش بارندگی در بهمن و اسفند ماه همراه با آب آبیاری سبب افزایش رشد زیست‌توده و در مقابل کاهش اجزای عملکرد نسبت به تاریخ کاشت آذر ماه شده است (جداول ۱ و ۴). تاتاری (Tatari, 2004) گزارش کرد که افزایش زمان آبیاری باعث افزایش زیست‌توده و کاهش عملکرد دانه و شاخص برداشت در زیره سبز می‌گردد و بهترین تیمار دو مرتبه آبیاری بعد از گل‌دهی بود. همچنین، کاربرد ۳ و ۵ مرتبه آبیاری در زیره سبز نشان داد با ۳ مرتبه آبیاری عملکرد و اجزای عملکرد گیاه افزایش یافت (Motamedi-Mirhosseini *et al.*, 2011).

وزن ۱۰۰ دانه زیره سبز در شرایط آبیاری کامل در آذر ماه نسبت به سایر تیمارها افزایش یافت (جدول ۴). در حالی‌که کمترین وزن ۱۰۰ دانه بذر در هر سه سطح آبیاری در تاریخ کاشت فروردین ماه در تراکم ۸۰ بوته در متر مربع حاصل شد که تفاوت معنی‌داری نیز با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به‌جز در تیمار آبیاری کامل وجود نداشت (جدول ۴). گزارشات نشان می‌دهد تاخیر در تاریخ کاشت از فوریه (بهمن ماه) به مارس (اسفند ماه) و افزایش تراکم از ۴۴ به ۹۶ و ۱۴۸ بوته در مترمربع سبب کاهش معنی‌داری در تعداد چتر در بوته، تعداد بذر در هر چتر و وزن ۱۰۰۰ دانه در زیره سبز می‌شود (Mashayekhi Sardooyi *et al.*, 2011).

آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در آذر ماه با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در فروردین ماه در هر دو تراکم گیاهی به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن تک بوته زیره سبز را به همراه داشت (جدول ۴). همچنین، بین سطوح آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در هر دو نوع تراکم گیاهی در فروردین ماه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). کاهش سطح آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) در فروردین ماه با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع می‌تواند وزن ۱۰۰ دانه و وزن تک بوته زیره سبز را به‌ترتیب ۹۵/۶۵ و

۹۶/۴۹ درصد نسبت به آبیاری کامل با تراکم کمتر در آذرماه کاهش دهد.

برهمکنش تیمارها نشان داد در شرایط آبیاری کامل در آذر ماه با افزایش تراکم بوته در مترمربع عملکرد دانه نیز افزایش یافت. این در حالی است که با کاهش سطح آبیاری (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) در فروردین ماه با کاهش تراکم بوته در مترمربع از عملکرد دانه به میزان ۵۳/۷۸ درصد نسبت به آبیاری کامل در آذر ماه با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع کاسته شد (جدول ۴). این کاهش عملکرد دانه در زیره سبز تفاوت معنی‌داری با آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در فروردین ماه نداشت (جدول ۴). همچنین، نتایج مطالعات حاکی از آن است که تنش کم آبی و کاهش تراکم گیاه از ۲۰۰ به ۲۵ بوته در متر مربع سبب کاهش چشمگیری در عملکرد زیره سبز گردید. این در حالی است که تنش کم آبی سبب کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه شد، اما تغییر در تراکم تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (Nakhzari Moghaddam, 2010). شایان ذکر است که رقابت شدید بوته‌ها در تراکم زیاد سبب کاهش شدید در عملکرد دانه شد، اما میزان این کاهش کمتر از افزایش تراکم بوته در واحد سطح بود لذا عملکرد در واحد سطح در تراکم بالاتر افزایش یافت. همچنین، بیشترین عملکرد دانه زیره سبز در تاریخ کاشت زود هنگام (فوریه) با تراکم کاشت ۱۴۸ بوته در متر مربع گزارش شده است (Mashayekhi Sardooyi *et al.*, 2011). با کاهش تراکم بوته در زیره سبز، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ به دلیل از دست رفتن بخش عظیمی از تشعشع در مراحل اولیه رشد کمتر می‌شود و از این رو عملکرد دانه نیز کاهش خواهد یافت (Kafi *et al.*, 2002). بررسی‌ها نشان داد اثر متقابل تاریخ کشت زیره سیاه (*Cuminum carvi*) (Sadeghi *et al.*, 2009) و زیره سبز (Heidari Zolleh *et al.*, 2009) در اوایل مارس (اسفند ماه) با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع نسبت به تاریخ کاشت در اواخر این ماه با تراکم‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ بوته در مترمربع سبب افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در هر چتر و عملکرد دانه گردید. اما تاریخ‌های کاشت و تراکم گیاهی تاثیر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰۰ دانه نداشت (Sadeghi *et al.*, 2009). این در حالی است که در تحقیق حاضر صرف‌نظر از سطوح آبیاری، با تاخیر در تاریخ کاشت و افزایش تراکم بوته در واحد سطح، وزن ۱۰۰ دانه کاهش یافت. بنابراین، افزایش تراکم بوته تا حدی که موجب رقابت شدید برای کسب منابع نور، آب و عناصر غذایی در بین بوته‌ها نگردد، می‌تواند سبب افزایش عملکرد در گیاه شود. بررسی اثرات تاریخ‌های مختلف کاشت پاییزه زیره سبز (اواسط ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر) نشان داد کاشت زودهنگام در ماه اکتبر می‌تواند بیشترین تعداد چتر در بوته، تعداد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه را تولید نماید. در حالی که کاشت در ماه دسامبر حداکثر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر به همراه داشت (Nezami *at al.*, 2011). بررسی اثرات تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز نشان داد که در اکثر تاریخ‌های کشت عملکرد دانه به‌طور مستقیم تحت تاثیر تعداد بذر و وزن ۱۰۰۰ دانه قرار گرفت. در حالی که تعداد چتر در بوته و ارتفاع گیاه اثرات غیرمستقیمی بر این صفات داشت (Ghanbari *et al.*, 2014). قادری و مقدم (Ghaderi and Moghaddam, 2015) نشان دادند که تراکم کشت ۵۰ بوته در مترمربع نسبت به تراکم‌های ۶۷ و ۱۰۰ بوته در متر مربع در اسفند ماه دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در زیره سبز بود، در حالی‌که، بیشترین ارتفاع گیاه و تعداد دانه در بوته در تراکم کشت ۶۷ بوته در مترمربع به‌دست آمد (Ghaderi and Moghaddam, 2015). در تحقیق حاضر در هر سه سطح آبیاری در تاریخ کشت اسفند ماه و در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در هر چتر و عملکرد دانه بیشتر از تراکم ۴۰ بوته در مترمربع بود. تاخیر در تاریخ کاشت به علت افزایش دمای هوا در طی دوره رشد و روزهای بلند سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌شود. زیره سبز با افزایش طول روز به فتوپریود واکنش نشان داده که این امر سبب کوتاه شدن دوره رشد رویشی، کاهش سطح برگ و سطح فتوسنتزکننده و نهایتاً رشد زایشی و عملکرد گیاه می‌گردد. همچنین، دلیل افزایش عملکرد گیاه با افزایش تراکم بوته در واحد سطح احتمالاً آن است که اگرچه افزایش تراکم سبب افزایش رقابت و کاهش وزن و اندازه تک بوته و نهایتاً کاهش تولید بذر می‌شود، اما افزایش تعداد گیاه در واحد سطح می‌تواند کاهش عملکرد یک گیاه را تا حجم یا میزان معینی از تراکم جبران نماید. از این رو بهتر است تا تراکم کاشت برای جبران کاهش عملکرد ناشی از کشت دیر هنگام افزایش یابد.

نتایج نشان داد آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی زیره سبز در ماه‌های اسفند و فروردین و آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در آذر ماه به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب بود (جدول ۴). همچنین، با توجه به میزان بارندگی (جدول ۱)، افزایش بارندگی در تاریخ های اسفند و فروردین ماه سبب افزایش زیست توده گیاه گردید و اثر مستقیم بر کارایی مصرف آب داشت، درحالی که کاهش بارندگی در آذر و دی ماه علاوه بر افزایش اجزای عملکرد سبب کاهش کارایی مصرف آب شد. این روند فارغ از تیمارهای آبیاری در کلیه تیمارها نیز قابل مشاهده است (جداول ۱ و ۴). قمرنیا و جلیلی (Ghamarnia and Jalili, 2013) نیز گزارش کردند که کارایی مصرف آب در سیاه دانه (*Nigella sativa*) بر اساس عملکرد دانه در شرایط ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در ماه‌های تابستان (مارس تا جولای) تفاوت معنی‌داری نسبت به آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی داشت؛ به طوری که با افزایش تنش آبیاری کارایی مصرف آب در این گیاه کاهش یافت. محققین بیان داشتند که افزایش سطح آبیاری می‌تواند زیست توده گیاهان دارویی را افزایش

دهد و از سویی دیگر سبب کاهش اجزای عملکرد اقتصادی گردد (Harisha *et al.*, 2017). این امر بیانگر آن است که حساسیت گیاه به خشکی در مراحل اولیه رشد زایشی بیشتر بوده و شکل‌گیری گل آذین به دور از تنش فقط مانع رشد چترهای آخری شده و تاثیر کمی بر تعداد دانه در چتر و اجزای عملکرد دارد. در مقابل، در شرایط آبیاری ظرفیت زراعی رقابتی بر سر انتقال مواد و فتوسنتز وجود نداشته و رشد رویشی گیاه افزوده می‌گردد و تعداد چتر در گیاه بیش از تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان تاثیر آبیاری بر تعداد چتر در گیاه را مهمترین عامل کاهش عمکرد دانه علی‌رغم افزایش کارایی مصرف آب (افزایش زیست‌توده) دانست. نتایج حاضر با نتایج محققین مطابقت دارد (Nakhzari Moghaddam, 2007). از آنجایی که زیره سبز یکی از گیاهان متحمل به خشکی است و کارایی مصرف آب بالایی دارد، بنابراین می‌تواند با حداقل میزان آب مصرفی عملکرد قابل‌قبولی را تولید نماید (Samadzadeh *et al.*, 2016). کارایی مصرف آب در سیاه دانه نشان داد آبیاری با فواصل ۵ روزه با حجم ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به فواصل ۳ روزه با آبیاری کامل به‌ترتیب دارای بیشترین (kg ۵/۱۱ha^{-1} mm^{-1}) و کمترین (۳/۱۸ $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$) مقدار بود (Senyigit and Arslan, 2018). از آنجایی که میزان ET با افزایش آب آبیاری افزایش می‌یابد، بنابراین، در حجم معینی از آبیاری میزان ET در فواصل آبیاری ۳ روزه بیشتر از فواصل آبیاری ۵ و ۱۰ روزه بیشتر خواهد بود. از این‌رو، صرف‌نظر از فواصل آبیاری، میزان کارایی مصرف آب با ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشتر از تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بود (Senyigit and Arslan, 2018).

نتایج همبستگی بین صفات نشان داد در تیمارهای آبیاری کامل و تنش‌های کم آبیاری در طول فصل رشد زیره سبز، تعداد دانه در هر چتر بیشترین همبستگی مثبت را با تعداد چتر در هر بوته داشت (جداول ۵ و ۶). صفات مرفولوژیک تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در هر چتر نیز همبستگی بالایی در هر دو شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری با وزن ۱۰۰ دانه، وزن تک بوته و عملکرد دانه نشان داد (جداول ۵ و ۶). تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر این صفات در زیره سبز توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Karimi afshar *et al.*, 2016; Bahraminejad *et al.*, 2011).

همبستگی وزن ۱۰۰ دانه و وزن تک بوته نیز در تیمارهای آبیاری کامل و تنش کم آبیاری معنی‌دار بود (جداول ۵ و ۶). بدین معنا که با افزایش وزن بوته گیاه صرف‌نظر از سطوح آبیاری، وزن ۱۰۰ دانه نیز افزایش خواهد یافت. از آنجایی که انتقال ماده خشک در پرکردن دانه‌ها نقش موثری دارد و رفتار اندام‌های هوایی در انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده به دانه متفاوت می‌باشد، ساقه و برگ‌ها به‌ترتیب نقش بیشتری در انتقال مجدد ماده خشک در راستای پرکردن دانه‌ها ایفا می‌کنند (Shaykewich and Bullock, 2020).

همچنین، نتایج همبستگی نشان داد که سطوح آبیاری بر کارایی مصرف آب در زیره سبز تاثیرگذار بود. به طوری که در هر دو شرایط آبیاری (آبیاری کامل و تنش‌های کم آبیاری) وزن ۱۰۰ دانه و تک بوته زیره سبز تحت تاثیر تراکم گیاه همبستگی قوی و منفی با کارایی مصرف آب داشت. به طوری که با افزایش تراکم میزان کارایی مصرف آب افزوده شد و در شرایط نرمال گیاه زیره سبز میزان آب بیشتری نسبت به شرایط تنش خشکی در ازای مقدار ماده خشک تولید شده مصرف نموده، در نتیجه سبب کاهش بیشتر کارایی مصرف آب شده است (جداول ۴، ۵ و۶). همچنین در تراکم کمتر و تیمار آبیاری کامل میزان رشد رویشی افزوده شده و همبستگی معنی‌داری و منفی بین اجزای عملکرد (تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن ۱۰۰ دانه و وزن تک بوته) با کارایی مصرف آب طی شرایط تنش مشاهده شد (جداول ۵ و ۶). امین پور و موسوی (Aminpoor and Moosavi, 1995) بیان داشتند آبیاری کامل مزرعه باعث حداکثر تولید محصول بوده و عدم آبیاری در مرحله پر شدن دانه در مقایسه با آبیاری کامل تفاوتی معنی‌داری نشان نداد. همچنین این امر در خصوص تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه نیز صدق نمود. کاهش تعداد چتر در بوته سبب اختصاص مواد فتوسنتزی به تعداد چتر کمتر و تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه افزایش یابد (Aminpoor and Moosavi, 1995). بنابراین، زیره سبز با توجه به پتانسیل ذاتی خود می‌تواند در شرایط تنش خشکی تعداد چتر و بذر بیشتری را به ازای آب مصرفی تولید نماید (Forouzandeh *et al.*, 2015). تاثیر تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز نشان داد می‌توان به‌منظور برداشت دانه در مراحل انتهایی (پر شدن دانه) رشد گیاه بدون آن‌که عملکرد دانه دچار کاهش شود نسبت به قطع آبیاری اقدام نمود و از این‌رو در مصرف آب نیز صرفه‌جویی کرد (Shekofteh and Dehghani Fatehabad, 2016). محققین گزارش کردند آبیاری کامل در مرحله آخر رشد گیاه زیره سبز (مرحله پر شدن دانه) تأثیری در افزایش عملکرد نداشته و تا حدی باعث کاهش آن نیز می‌گردد. در حالی که آبیاری کامل در مراحل قبل از آن (به‌ویژه در مراحل زایشی) باعث افزایش معنی‌دار تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیکی و نهایتاً عملکرد کاه و دانه می‌شود (Ahmadian *et al.*, 2006). بررسی اثر تراکم بوته و تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز نشان داد، در تیمارهای بدون تنش و تنش آبی در انتهای دوره زایشی، رقابتی بین دانه‌ها در جذب مواد فتوسنتزی وجود نداشته و گیاه به‌خوبی فتوسنتز می‌نماید. به طوری که تعداد چتر در گیاه بیش از تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه تحت تاثیر تنش کم آبی قرار می‌گیرد. بنابراین تاثیر تنش بر تعداد چتر در گیاه را می‌توان مهمترین عامل کاهش عملکرد دانه دانست (Nakhzari Moghaddam, 2010).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات سطوح آبیاری، تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب زیره سبز

Table 3- Analysis of variance (mean square) of irrigation levels, planting date and density on cumin yield, yield components and water use efficiency

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	Mean squares میانگین مربعات					
		تعداد چتر در بوته No. of umbel per plant	تعداد دانه در چتر No. of seed per umbel	وزن ۱۰۰ دانه 100-Seed weight	وزن تک بوته Plant weight	عملکرد دانه Seed Yield	کارایی مصرف آب WUE
(بلوک) Block	2	3.88^{ns}	0.12^{ns}	0.00192^{ns}	0.1869^{ns}	1440^{ns}	0.01029^{ns}
(آبیاری) Irrigation	2	145.25^{**}	114.13^{**}	0.01887^{**}	1.6987^{**}	29563^{**}	1.7001^{**}
(خطای اول) Error a	4	0.42	0.27	0.00055	0.0071	402	0.0618
(تاریخ کاشت) Date	2	853.22^{**}	368.92^{**}	0.44226^{**}	7.4760^{**}	27609^{**}	6.6072^{**}
Irrigation×Date (آبیاری × تاریخ کاشت)	4	7.67^{**}	3.98^{*}	0.00341^{*}	1.0700^{**}	1768^{**}	0.021^{ns}
(خطای دوم) Error b	12	0.57	0.87	0.00091	0.0785	115	0.0194
(تراکم) Density	1	216.00^{**}	139.97^{**}	0.04111^{**}	0.1768^{**}	78998^{**}	7.0706^{**}
Density×Irrigation (تراکم × آبیاری)	2	1.63^{ns}	0.25^{ns}	0.00270^{*}	0.2661^{***}	2215^{**}	0.214^{**}
Density×Date (تراکم × تاریخ کاشت)	2	5.91^{*}	12.54^{**}	0.00281^{*}	0.0750^{**}	1228^{**}	0.0877^{*}
Density×Irrigation×Date (تراکم × آبیاری × تاریخ کاشت)	4	0.33^{ns}	0.77^{ns}	0.00116^{ns}	0.1561^{**}	175^{ns}	0.0407^{ns}
Error c (خطای کل)	18	1.33	0.38	0.00053	0.0095	108	0.0155
CV(%) ضریب تغییرات		17.4	18.4	16.2	16.4	14.6	19.4

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

ns, **, * and are non-significant and significant at 1 and 5 % probability levels, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری، تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب زیره سبز

Table 4- Mean comparisons for the effects of irrigation levels, planting dates and density on cumin yield, yield components and water use efficiency

آبیاری Irrigation	تاریخ کاشت Planting Date	تراکم Density (plant.m^{-2})	تعداد چتر در بوته No. of umbel per plant	تعداد دانه در هر چتر No. of seed per umbel	وزن ۱۰۰ دانه 100- seed weight (g)	وزن تک بوته Plant weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	کارایی مصرف آب WUE (kg.ha^{-1}.mm^{-1})
I1	Date 1	40	22.06^{c}	16.85^{b}	0.46^{a}	2.57^{a}	326.00^{c}	1.96^{h}
		80	27.55^{a}	22.34^{a}	0.32^{c}	1.82^{b}	424.00^{a}	2.55^{ef}
	Date 2	40	15.26^{e}	11.74^{de}	0.24^{e}	0.63^{ef}	264.66^{fg}	2.59^{ef}
		80	18.33^{d}	14.45^{c}	0.17^{f}	0.26^{gh}	369.60^{b}	3.79^{a}
	Date 3	40	6.46^{ij}	7.71^{h}	0.07^{hi}	0.16^{gh}	233.33^{hi}	2.93^{cd}
		80	11.86^{f}	9.96^{fg}	0.03^{j}	0.13^{gh}	300.00^{d}	3.76^{a}
I2	Date 1	40	19.06^{d}	12.67^{d}	0.39^{b}	1.07^{cd}	266.33^{fg}	1.65^{ij}
		80	24.26^{b}	17.74^{b}	0.35^{c}	1.19^{c}	378.33^{b}	2.35^{fg}
	Date 2	40	12.60^{f}	9.11^{g}	0.19^{f}	0.46^{fg}	251.33^{gh}	2.55^{ef}
		80	15.20^{e}	12.15^{d}	0.13^{g}	0.20^{gh}	333.10^{c}	3.39^{b}
	Date 3	40	5.60^{jk}	6.16^{ij}	0.04^{ij}	0.12^{gh}	202.66^{jk}	2.64^{e}
		80	9.46^{g}	7.49^{h}	0.02^{j}	0.11^{h}	275.10^{ef}	3.58^{ab}
I3	Date 1	40	15.26^{e}	10.77^{ef}	0.30^{cd}	0.43^{fgh}	224.66^{i}	1.41^{j}
		80	19.68^{d}	14.91^{c}	0.27^{de}	0.86^{de}	291.66^{de}	1.83^{hi}
	Date 2	40	8.93^{gh}	6.84^{hi}	0.17^{f}	0.30^{gh}	219.33^{ij}	2.26^{g}
		80	11.56^{f}	10.69^{ef}	0.11^{gh}	0.15^{gh}	266.00^{fg}	2.74^{de}
	Date 3	40	4.36^{k}	4.34^{k}	0.03^{ij}	0.10^{h}	196.00^{k}	2.59^{ef}
		80	7.70^{hi}	5.44^{jk}	0.02^{j}	0.09^{h}	235.00^{hi}	3.10^{c}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

I1: آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، I2: آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، I3: آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی

Date 1: آذر ماه، Date 2: اسفند ماه، Date 3: فروردین ماه

Mean of each group in columns of each treatment with similar letters are not significantly different (Duncan test 5%).

I1: 100 %FC, I2: 75 %FC, I3: 50 %FC, Date1: (December), Date2: (March), Date3: (April).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و کارایی مصرف آب زیره سبز در شرایط آبیاری کامل

Table 5- Correlation coefficients of cumin morphological traits and water use efficiency in 100%FC

	1	2	3	4	5	6
1. تعداد چتر در بوته (No. of umbel per plant)	1					
2. تعداد دانه در هر چتر (No. of seed per umbel)	0.97**	1				
3. وزن ۱۰۰ دانه (100- seed weight)	0.77**	0.72**	1			
4. وزن تک بوته (Plant weight)	0.76**	0.75**	0.91**	1		
5. عملکرد دانه Seed yield	0.87**	0.88**	0.45	0.45	1	
6. کارایی مصرف آب (WUE)	-0.40	-0.40	-0.79**	-0.80**	0.03	1

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

** significant at 1 % probability level.

جدول ٦- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و کارایی مصرف آب زیره سبز در شرایط تنش کم آبیاری

Table 6- Correlation coefficients of cumin morphological traits and water use efficiency in 75 and 50%FC

	1	2	3	4	5	6
1. تعداد چتر در بوته (No. of umbel per plant)	1					
2. تعداد دانه در هر چتر (No. of seed per umbel)	0.96**	1				
3. وزن ۱۰۰ دانه (100- seed weight)	0.85**	0.78**	1			
4. وزن تک بوته (Plant weight)	0.79**	0.76**	0.81**	1		
5. عملکرد دانه Seed yield	0.79**	0.82**	0.43**	0.48**	1	
6. کارایی مصرف آب (WUE)	-0.43**	-0.37*	-0.75**	-0.57**	0.18	1

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

**, * and are significant at 1 and 5 % probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

تغییر در سطوح آبیاری و در نتیجه تبخیر و تعرق گیاه با توجه به تاریخ‌های مختلف کاشت و تراکم بوته در واحد سطح می‌تواند عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز را تحت تاثیر قرار دهد. در کشت زود هنگام (آذر ماه) با افزایش تراکم بوته و سطح آبیاری تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و عملکرد دانه افزایش، اما کارایی مصرف آب در این ماه نسبت به ماه‌های اسفند و فروردین در هر سه سطح آبیاری کاهش یافت. عملکرد دانه زیره سبز در آخرین تاریخ کاشت (فروردین ماه) با کمترین سطح آبیاری و تراکم به میزان ۵۳/۷۷ درصد نسبت به آبیاری کامل در آذر ماه با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع کاهش یافت. از سویی دیگر، کارایی مصرف آب در تنش کم آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در فروردین ماه با افزایش تراکم به میزان ۵۳/۹۱ درصد بیشتر از سطح آبیاری مشابه در آذر ماه با تراکم کمتر بود. همچنین، افزایش میزان بارندگی (اسفند و فروردین ماه) بر زیست‌توده گیاه افزود و اثری مستقیم بر کارایی مصرف آب داشت، درحالی‌که کاهش میزان بارندگی (آذر و دی ماه) سبب افزایش اجزای عملکرد و کاهش کارایی مصرف آب در زیره سبز شد. نتایج نشان داد عملکرد زیره سبز در کشت پاییزه بیشتر از کشت بهاره است. در حالی که در کشت‌های آخر زمستان و بهار با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب علی‌رغم کاهش ۲۱/۴۳ و ۳۵/۱۱ درصدی عملکرد دانه، می‌توان کارایی مصرف آب را افزایش داد. به‌منظور استفاده بهینه از آب و افزایش کارایی مصرف آب بایستی به موازات کاهش مصرف آب (تبخیر و تعرق) عملکرد محصول افزایش یابد. بنابراین، در مناطق دارای میزان بارندگی مناسب مطابق با نیاز آبی گیاه در فصول پاییز و زمستان می‌توان کاهش عملکرد را با افزایش تراکم بوته در واحد سطح برطرف نمود. به‌علاوه، با افزایش تراکم بوته در واحد سطح همراه با آبیاری متوسط (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) در کشت‌های دیر هنگام (اسفند و فروردین) می‌توان کاهش عملکرد زیره سبز را با افزایش

کارایی مصرف آب تا حدودی جبران و ارزش اقتصادی بالایی را تولید کرد.

References

1. Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Galavi, M. 2006. Investigation of water stress levels on yield, yield components, quality and essences of cumin. 9th Congress of Agronomy and Plant Breeding Science of Iran, Abooreihan, Iran. (in Persian).
2. Alizadeh, A. 1995. Water, Soil and Plant Relationship. Astan e Qods Razavi Publication, Mashhad, Iran. (in Persian).
3. Alizadeh, A., Tavoosi, M., Inanloo, M., and Nasiri Mahallati, M. 2004. Effect of irrigation treatments on yield and yield components of cumin. Agronomy Researchs of Iran 1 (1): 35-42. (in Persian with English abstract).
4. Aminpoor, R., and Moosavi, F. 1995. The effects of irrigation on development stages, yield and yield components cumin seeds. Agricultural and Natural Resources Science 1 (1): 1-8.
5. Andreu, L., Hopmans, J. W., and Schwankl, L. J., 1997. Spatial and temporal distributionof soil water balance for a drip-irrigated almond tree. Agricultural Water Management 35: 123-146.
6. Anonymous. 2020. Ministry of Agriculture-Jahad Statistics. Available from: https://www.maj.ir/Index.aspx?page_=form&lang=1&sub=65&tempname=amar&PageID=11583. Accessed 18 February 2020.
7. Askar, M., Yazdan Sepas, A., and Amini, A. 2010. Evaluation of winter and facultative bread wheat genotypes under irrigated and post-anthesis drought stress conditions. Seed and Plant Improvement Journal 26 (3): 313-329. (in Persian with English abstract).
8. Aslam, M. 2006. Guidelines for cultivation, collection, conservation and propagation of medicinal herbs. Introduction of Medicinal Herbs and Spices, Crop Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Islamabad.
9. Ayub, M., Nadeem, M. A., Tanveer, A., Tahir, M., Saqib, M. T. Y., and Nawaz, R. 2008. Effect of different sowing methods and times on the growth and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* MILL.). Pakistan Journal of Botany 40: 259-264.
10. Bahraminejad, A., Mohammadi-Nejad, G. H., and Khadir, M. 2011. Genetic diversity evaluation of Cumin (*Cumin cyminum* L.) based on phenotypic traits. Australian Journal of Crop Science 5: 301-307.
11. Chandhary, G. R., and Gupta, O. P. 1982. Effect of weed control, sowing method and nitrogen application on growth and quality of cumin (*Cuminum cyminum* L.) Haryana. Agronomy Journal 5: 9-82.
12. Ehteramian, K. 2003. The effects of different levels of nitrogen fertilizer and plant dating on Black Cumin (*Cuminum carvi* L.) in Kooshkak region in the Fars province. Master of Science Thesis of arid area management. Shiraz University. Shiraz.
13. Farrokhinia, M., Roshdi, M., PasebanEslam, B., and Sasandoust, R. 2011. Evaluation of some physiological characteristics on yield of spring safflower under water stress. Iranian Journal of Crop Sciences 42 (3): 545-553. (in Persian).
14. Forouzandeh, M., Karimian, M. A., and Mohkami, Z. 2015. Effect of drought stress and different types of organic fertilizers on yield of cumin components in Sistan region. European Journal of Medicinal Plants 5 (1): 95-100.
15. Ghaderi, Y., and Moghaddam, M. 2015. Effect of different levels of plant density and N fertilizer on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Plant Ecophysiology 23: 104-112. (in Persian with English abstract).
16. Ghamarnia, H., and Jalili, Z. 2013. Water stress effects on different Black cumin (*Nigella sativa* L.) components in a semi-arid region. International Journal of Agronomy and Plant Production 4 (4): 753-762.
17. Ghanbari, J., Khajoeinejad, G., and Mohamadinejad, G. 2014. Casual explanation of threlationships between seed yield and some yield components in cumin (*Cuminum cyminum* L.) different multivariate statistical analysis at different sowing dates. Journal Ethno-pharmacuticale Products 1 (1): 115-22.
18. Harisha, C. B., Asangi, H., Singh, R., Meena, N. K., and Lal, G. 2017. Irrigation Management for Higher Productivity in Seed Spices-A Review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6: 2334-2345.
19. He, W., Yang, J. Y., Qian, B., Drury, C. F., Hoogenboom, G., He, P., Lapen, D., and Zhou, W. 2018. Climate change impacts on crop yield, soil water balance and nitrate leaching in the semiarid and humid regions of Canada. PLOS ONE 13 (11): e0207370.
20. Heidari Zolleh, H., Bahraminejad, S., Maleki, G., and Papzan, A. H. 2009. Response of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) to Sowing Date and Plant Density. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5 (4): 597-602.
21. Jangir, R. P., and Singh, R. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Indian Journal of Agronomy 41: 140-143.
22. Kafi, M. 1990. Effect of weed frequency and density on yield and yield components of cumin. Master of science Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).

23. Kafi, M., Rashed-Mohassel M., Koocheki A. R., and Mollafilabi, A. 2002. Cumin: production and processing technology. Ferdowsi University of Mashhad Press. (in Persian).
24. Kafi, M., Rashed-Mohassel M., Koocheki A. R., and Nassiri, M. 2006. Cumin (*Cuminum cyminum*) production and processing. Science Publishers.
25. Kafi, M., and Keshmiri, A. 2011. Study of yield in landraces and cultivars of Hindi cumin (*Cuminum cyminum*) in dry and saline conditions. Journal of Horticultural Science 25 (3): 327-334. (in Persian).
26. Kamkar, B., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Teixeira da Silva, J. A., Rezvani-Moghaddam, P., and Kafi, M. 2011. Fungal diseases and inappropriate sow-ing dates, the most important reducing factors in cumin fields of Iran, a case study in Khorasan provinces. Crop Protection 30: 208-215.
27. Khajehpour, M. R. 2008. The principles of agriculture. Jahad-e Daneshgahi Publication, Isfahan.
28. Khosh-Khui, M., and Bonyanpour, A. R. 2006. Effects of some variables on seed germination and seedling growth of cumin (*Cuminum cyminum* L.). International Journal of Agricultural Research 1: 20-24.
29. Kizil, S., Arslan, N., and Ipek, A. 2003. A research on adaptation of different cumin (*Cuminum cyminum* L.) lines in Diyarbakir ecological conditions. The Agricultural Science Journal 9 (3): 340-343.
30. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Nadjafi, F. 2004. The agrobiodiversity of medicinal and aromatic plants in Iran. Iranian Field Crop Research 2: 208-216. (in Persian).
31. Karimi Afshar, A., Baghizadeh, A., and Mohammadi-Nejad, G. 2016. Evaluation of relationships between morphological traits and grain yield in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) under normal and drought conditions. Journal of Crop Breeding 8 (18): 160-165. (in Persian).
32. Leung, J., and Griaudat J. 1998. Abscisic acid signal transduction. Plant Physiology 49: 199-222.
33. Mashayekhi Sardooyi, A., Shirzadi, M. H., and Naghavi, H. 2011. Effect of planting date and plant density on yield and yield components of green cumin (*Cuminum cyminum* L.). Middle-East Journal of Scientific Research 9 (6): 773-777.
34. Momoh, E. J. J., and Zhou, W. 2001. Growth and yield responses to plant density and stage of transplanting in winter oilseed ape (*Brassica napus* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 186: 253-259.
35. Motamedi-Mirhosseini, L., Mohammadi-Nejad, G., Bahraminejad, A., Golkar, P., and Mohammadinejad, Z. 2011. Evaluation of cumin (*Cuminum cyminum* L.) landraces under drought stress based on some agronomic traits. African Journal of Plant Science 5: 749-752.
36. Nakhzari Moghaddam, A. 2010. The Effect of water stress and plant density on yield and yield components of Cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Field Crop Science 40 (3): 63-69.
37. Nezami, A., Eyshi Rezaei, E., Khorasani, Z., Khorramdel, S., and Bannayan, M. 2011. Evaluation of the impacts of fall sowing dates on different ecotypes of cumin (*Cuminum cyminum* L., Apiaceae) productivity in northeast of Iran. Notulae Scientia Biologicae 3 (4): 123-128.
38. Rahimian Mashhadi, H. 1992. Effect of planting date and irrigation regime on growth and yield of cumin. Journal of Agricultural Science (university of Tabriz) 3: 46-61. (in Persian with English abstract).
39. Rasam, G. H., Ndaf, M., and Sefid Con, F. 2007. Effect of planting date and plant density on seed yield and yield components of Anise (*Pimpinella anisum* L.). Pajouhesh-va-Sazandegi Journal 75: 128-133. (in Persian with English abstract).
40. Rezvani Moghaddam, P., Huda, A. K. S., Parvez, Q., and Koocheki, A. 2007. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference to medicinalcrop production in Khorasan, Iran. In: Fifth International Conference, Jointly Organised by the World Association for Sustainable Devel-opment (WASD) and Griffith University, Griffith University, Brisbane, Australia.
41. Roustakhiz, J., and Raissi, A. 2017. Properties, cultivation method and requirements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) - an overview. International Journal of Farming and Allied Sciences 6 (1): 24-29.
42. Sadeghi, B., and Rashed-Mohassel, M. 1991. Effect of nitrogen and irrigation on cumin production. Iranian Research Organization for Science and Technology 77-80. (in Persian).
43. Sadeghi, S., Rahnavard, A., and Ashrafi, Z. Y. 2009. Study importance of sowing date and plant density affect on black cumin (*Cuminum carvi*) yield. Botany Research International 2 (2): 94-98.
44. Safari, B., Mortazavian, S. M. M., Sadat Noori, S. A., and Foghi, B. 2017. Evaluation of drought tolerance in endemic ecotypes of cumin using tolerance indices. Journal of Plant Production Research 23 (4): 185-204.
45. Samadzadeh, A., Fallahi, H. R., Zamani, G., Nakhaie, S., Aghhavani-Shajari, M., and Amirizadeh, A. 2016. Impact of super absorbent polymer and irrigation management on seed and essential oil yields of cumin. Journal of Medicinal Plants and By-products 2: 145-152.
46. Seckler, D., Molden, D., and Sakthivadivel, R. 2002. The concept of efficiency in water resource management and policy. In water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement. Ed. Kijne JW. Wallingford. UK. CABI.
47. Senyigit, U., and Arslan, M. 2018. Effects of irrigation programs formed by different approaches on the yield and water consumption of black cumin (*Nigella sativa* L.) under transition zone in the west anatolia conditions. Journal of Agricultural Sciences 24: 22-32.

48. Shaykewich, C. F., and Bullock, P. R. 2020. Modeling Canola Phenology. Agroclimatology: Linking Agriculture to Climate 60: 303-325.
49. Shekofteh, H., and Dehghani Fatehabad, R. 2016. Effect of water stress and potassium on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Plant Production Technology 16 (2):167-178. (in Persian with English abstract).
50. Stewart, J. I., Cuenca, R. H., Pruit, W. O., Hagan, R. M., and Tosso, J. 1977. Determinationand utilization of water production functions for principal California crops.W-67 California Contribution Projects. University of California.
51. Tatari, M. 2004. The effect of different levels of salt and irrigation times on growth and yield of cumin. Master of science Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
52. Tavoosi, M. 2001. The effect of irrigation regimes on yield and yield components of *Cuminum cyminum*. Master of science Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
53. Yazdani Chamheidary, Y., Ramroudi, M., and Asgharipour, M. R. 2014. Evaluation the effects of drought stress on yield, yield components and quality of (*Cuminum cyminum* L.) under Fe and Zn foliar spraying conditions. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology 1 (3): 81-96. (in Persian).
54. Yadav, R. S., and A. K. Dahama, 2003. Effect of planting date, irrigation and weed control method on yield and water use efficiency of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Indian Journal of Agricultural Sciences 73 (9): 494-496.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 2, Summer. 2020, p. 213-224

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۲۲۴-۲۱۳

Effects of Planting Date and Deficit Irrigation on Water Use Efficiency of Cumin (*Cumin Cyminum* L.) at two different Densities in Mashhad Conditions

K. Hajmohammadnia Ghalibaf[1*], M. Bannayan Aval[2], M. H. Rashed Mohassel[2], N. Valaei[3], F. Yaghoubi[4], Z. Rashidi[5]

Received: 14-10-2019
Accepted: 16-05-2020

Introduction

Supplies of irrigation water are severely limited and water use efficiency (WUE) has become more vital, especially for valuable drought tolerant plants. Green cumin (*Cuminum cyminum* L.) is a medicinal and spices plant adapted to arid and semi-arid regions such as Iran. Planting date, irrigation and plant density can affect quality and quantity of cumin. Seed yield of cumin decreases by increasing water deficit, despite absorbing water even in very low water potentials. Changes in planting date can also affect water use efficiency due to rainfall and evapotranspiration (ET) differences between each season. Therefore, crop yield should increase in parallel with decreasing water consumption (or evapotranspiration) for optimal water use and increasing WUE. Additionally, different plant densities and late or early planting dates could affect morphological traits and grain yield.

Materials and Methods

In order to study the effects of planting date, deficit irrigation and plant density on yield, yield components and WUE of cumin, a field experiment was conducted as split-split plot based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2017-2018. The main plots were irrigation levels including 100, 75 and 50% field capacity (FC). Three planting dates were studied in the split plots (December, March and April) and two plant densities (40 and 80 plant m^{-2}) arranged as split-split plots. Soil moisture content was determined a day before and two days after each irrigation with TDR. Then, irrigation was done based on treatments during the growth period. Number of umbel per plant, number of seed per umbel, 100-seed weight, plant weight, seed yield and WUE were measured at the end of growing season. Analysis of variance were calculated using R software and Duncan's multiple range test was used at 5% probability level to compare the averages.

Results and Discussion

The results showed that the full irrigation (100% FC) of cumin in December with 80 plants m^{-2} had the highest number of umbel per plant, number of seed per umbel and seed yield, whereas, 100-seed weight and plant weight increased and WUE decreased with decreasing density (40 plants m^{-2}) under 100%FC during December. The lowest seed yield were obtained from 75 and 50% FC in April with 40 plants m^{-2} (53.77% and 52.20% respectively) compared with December with 100% FC and 80 plants m^{-2} . Seed yield were decreased by irrigation levels of 100 and 75% FC in March and April with 80 plants m^{-2} 12.83, 29.24, 21.43 and 35.11%, respectively compared with 100% FC in December (80 plants m^{-2}), despite the highest WUE. Therefore, increasing plant density with medium irrigation in late planting dates (March and April) can partially compensate decreasing cumin seed yield by increasing WUE. The correlation analysis showed that 100-seed weight and plant weight had significant negative correlation with WUE in full irrigation and two levels of water deficit. However, there was no significant correlation between WUE and seed yield under both levels of water deficit and full irrigation conditions.

Conclusions

The results of this study indicate that seed yield can be improved by increasing plant density when rainfall is proportional to plant water requirement in autumn and winter. In addition, increasing plant density in medium irrigation (75% FC) conditions in late planting dates (March and April) can increase WUE and produce high economic value.

Keywords: Field capacity, Number of umbel per plant, Row spacing, Seed yield, Water stress

1- Assistant Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- PhD. student of Weed Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4- PhD. student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
5- PhD. student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: hajmohamadnia@um.ac.ir)